

(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 882 956 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
09.12.1998 Patentblatt 1998/50

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: G01F 23/284

(21) Anmeldenummer: 98109741.3

(22) Anmeldetag: 28.05.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 06.06.1997 DE 19723978

(71) Anmelder:

Endress + Hauser GmbH + Co.  
79689 Maulburg (DE)

(72) Erfinder:

• Burger, Stefan  
79108 Freiburg (DE)  
• Fitsch, Carsten  
79713 Bad Säckingen (DE)

(74) Vertreter:

Schwepfinger, Karl-Heinz, Dipl.-Ing.  
Prinz & Partner GbR  
Manzingerweg 7  
81241 München (DE)

### (54) Verfahren zur Messung des Füllstands eines Füllguts in einem Behälter nach dem Radarprinzip

(57) Bei der Messung des Füllstands eines Füllguts in einem Behälter nach dem Radarprinzip wird das Echoprofil der empfangenen Mikrowellen aufgezeichnet und zur Bestimmung der an der Füllgutoberfläche reflektierten Mikrowellen ein Maximum des Echoprofils ermittelt. Zur Vermeidung von Meßfehlern im Falle eines Doppelechos, das im Echoprofil einen Doppelhöcker aus zwei sich überlappenden Echohöckern verursacht, werden ausgehend von dem ermittelten Maximum in Richtung zu kleineren Entfernungen aufeinanderfolgende Maxima und Minima der Steigung des Echoprofils und deren Distanzwerte bestimmt. Der Amplitudenwert des Echoprofils, der dem in der Mitte zwischen dem Distanzwert des ersten Steigungsminimums und dem Distanzwert des nächsten Steigungsmaximums liegenden Distanzwert zugeordnet ist, wird als der für die Füllstandsmessung maßgebliche Spitzenwert des ersten Echohöckers des Doppelhöckers verwendet.

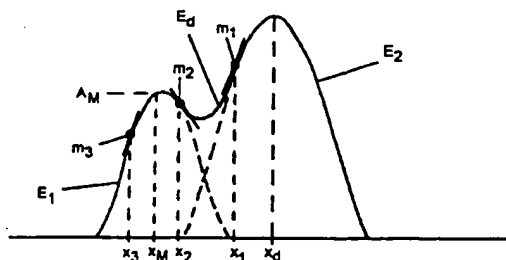


Fig. 5

EP 0 882 956 A2

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Messung des Füllstands eines Füllguts in einem Behälter nach dem Radarprinzip, bei welchem mittels der oberhalb der höchsten vorkommenden Füllhöhe angeordneten Antenne eines Entfernungsmeßgeräts Mikrowellen nach unten abgestrahlt und reflektierte Mikrowellen empfangen werden, das die Amplitudenwerte der empfangenen Mikrowellen als Funktion der Laufzeit bzw. der der Laufzeit entsprechenden Distanz darstellende Echoprofil aufgezeichnet wird, zur Bestimmung des Echohöckers im Echoprofil, der von den an der Füllgutoberfläche reflektierten Echowellen stammt, ein Maximum des Echoprofils ermittelt wird und der Abstand der Füllgutoberfläche von der Antenne aus dem Spitzenwert dieses Echohöckers gewonnen wird.

Bei diesem Verfahren wird davon ausgegangen, daß das Maximum des Echoprofils dem Spitzenwert des Echohöckers entspricht, der von den an der Füllgutoberfläche reflektierten Echowellen stammt, so daß der Abstand der Füllgutoberfläche von der Antenne aus dem diesem Spitzenwert zugeordneten Distanzwert ermittelt werden kann. Es kann jedoch vorkommen, daß diese Voraussetzung nicht erfüllt ist, wenn an der Antenne ein Doppelecho eintrifft, das dadurch verursacht wird, daß die Mikrowellen nicht nur an der Füllgutoberfläche reflektiert werden, sondern auch an einer in geringem Abstand unter der Füllgutoberfläche liegenden Grenzfläche. Eine solche Grenzfläche bildet beispielsweise der Behälterboden bei sehr niedriger Füllhöhe im Behälter. Wenn das Füllgut eine kleine Dielektrizitätskonstante hat, wird an der Füllgutoberfläche nur ein verhältnismäßig geringer Anteil der auftretenden Mikrowellen reflektiert, während der Rest der auftretenden Mikrowellen durch das Füllgut läuft und am Behälterboden reflektiert wird. Bei niedriger Füllhöhe und kleiner Dielektrizitätskonstante werden die durch das Füllgut laufenden Mikrowellen nur schwach gedämpft; es kann daher der Fall eintreten, daß die an der Füllgutoberfläche reflektierte Echowelle eine kleinere Amplitude hat als die am Behälterboden reflektierte Echowelle. Die beiden Echowellen treffen an der Antenne ein, wobei die am Behälterboden reflektierte Echowelle gegenüber der an der Füllgutoberfläche reflektierten Echowelle um eine Zeitspanne verzögert ist, die dem Abstand zwischen der Füllgutoberfläche und dem Behälterboden entspricht. Wenn dieser Abstand entsprechend gering ist, überlappen sich die von den beiden Echowellen stammenden Echohöcker im Echoprofil unter Bildung eines Doppelhöckers. Die Bestimmung des Füllstands auf Grund des Maximums der Echofunktion kann dann zu einem Meßfehler führen, wenn die am Behälterboden reflektierte Echowelle eine größere Amplitude hat als die an der Füllgutoberfläche reflektierte Echowelle, weil dieses Maximum nicht bei dem Distanzwert des Spitzenwertes des Echohöckers liegt, der von der an der Füllgutoberfläche

reflektierten Echowelle stammt.

Die gleiche Erscheinung tritt auf, wenn die reflektierende Grenzfläche nicht der Behälterboden ist, sondern eine Grenzfläche zwischen zwei Stoffen mit sehr unterschiedlichen Dielektrizitätskonstanten, die sich in geringem Abstand unter der Füllgutoberfläche befindet. Dies gilt beispielsweise für eine Ölschicht, die auf Wasser schwimmt.

Aufgabe der Erfindung ist die Schaffung eines Verfahrens der eingangs angegebenen Art, das im Falle eines Doppelechos, das zum Auftreten eines Doppelhöckers aus zwei sich überlappenden Echohöckern im Echoprofil führt, die Ermittlung des der Füllgutoberfläche zugeordneten Distanzwertes ermöglicht.

Nach der Erfindung wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß beim Auftreten eines Doppelhöckers aus zwei sich überlappenden Echohöckern, von denen der erste Echohöcker von den an der Füllgutoberfläche reflektierten Mikrowellen stammt, während der zweite Echohöcker von den an einer in geringem Abstand unter der Füllgutoberfläche liegenden Grenzfläche reflektierten Mikrowellen stammt und einen größeren Spitzenwert als der erste Echohöcker hat, zur Bestimmung des Spitzenwertes des ersten Echohöckers die folgenden Verfahrensschritte angewendet werden:

A: ausgehend von dem ermittelten Maximum des Echoprofils, das dem Spitzenwert des Doppelhöckers entspricht, werden die in Richtung zu kleineren Distanzwerten liegenden Meßpunkte des Echoprofils ausgewertet, um

- a) das dem Maximum des Echoprofils zunächst liegende erste Maximum der Steigung des Echoprofils und den zugehörigen Distanzwert zu bestimmen;
- b) das dem ersten Maximum zunächst liegende Minimum der Steigung des Echoprofils und den zugehörigen Distanzwert zu bestimmen;
- c) das dem Minimum zunächstliegende zweite Maximum der Steigung des Echoprofils und den zugehörigen Distanzwert zu bestimmen;

B: der in der Mitte zwischen dem Distanzwert des zweiten Maximums und dem Distanzwert des Minimums der Steigung des Echoprofils liegende Distanzwert wird als Distanzwert des Spitzenwertes des ersten Echohöckers und der zugehörige Amplitudenwert wird als Spitzenwert des ersten Echohöckers zur Gewinnung des Abstands der Füllgutoberfläche von der Antenne verwendet.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnung. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 das Prinzipschema einer Anordnung zur Messung des Füllstands eines Füllguts in einem Behälter nach dem Radarprinzip, bei der das erfindungsgemäße Verfahren anwendbar ist, und

und der Füllgutoberfläche 16 berechnet werden. Die Füllhöhe  $F$  ergibt sich dann aus der Differenz zwischen der Einbauhöhe  $H_0$  der Antenne 22 über dem Behälterboden 12 und der gemessenen Entfernung:

$$F = H_0 - D.$$

Fig. 2 bis 5 Diagramme zur Erläuterung der Funktionsweise der Anordnung von Fig. 1 bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 1 der Zeichnung zeigt einen Behälter 10 mit einem Behälterboden 12, der bis zu einer Höhe  $F$  mit einem Füllgut 14 gefüllt ist, so daß die Füllgutoberfläche 16 im Abstand  $F$  über dem Behälterboden 12 liegt. Als Füllstand im Behälter 10 wird entweder die Füllhöhe  $F$  oder das der Füllhöhe  $F$  entsprechende Volumen des Füllguts 14 bezeichnet. Bei einem Behälter, der über seine ganze Höhe einen gleichbleibenden Querschnitt hat, ist das Füllgutvolumen der Füllhöhe  $F$  proportional; bei Behältern, bei denen diese Voraussetzung nicht erfüllt ist, läßt sich der Zusammenhang zwischen der Füllhöhe  $F$  und dem Füllgutvolumen rechnerisch oder experimentell bestimmen und durch eine Kurve oder Tabelle darstellen. In jedem Fall genügt zur Bestimmung des Füllstands im Behälter die Messung der Füllhöhe  $F$ .

Bei dem in Fig. 1 dargestellten Behälter 10 erfolgt die Messung der Füllhöhe  $F$  durch ein mit Mikrowellen nach dem Pulsradarprinzip arbeitendes Entfernungsmessgerät 20. Das Entfernungsmessgerät 20 enthält eine Sende-Empfangs-Antenne 22, die über eine Sende-Empfangs-Weiche 24 mit einer Sendeschaltung 26 und mit einer Empfangs- und Auswerteschaltung 28 verbunden ist. Die Sendeschaltung 26 erzeugt in periodischen Zeitabständen Ultrahochfrequenzimpulse, die der Antenne 22 über die Sende-Empfangs-Weiche 24 zugeführt werden. Die Antenne 22 ist oberhalb der höchsten Füllhöhe, die im Behälter 10 vorkommen kann, so angeordnet, daß sie die von der Sendeschaltung 26 kommenden Ultrahochfrequenzimpulse in Form von Mikrowellen senkrecht nach unten abstrahlt und von unten kommende Mikrowellen empfängt. Die von der Antenne 22 empfangenen Mikrowellen, zu denen insbesondere die an der Oberfläche 16 des Füllguts 14 reflektierten Echowellen gehören, werden über die Sende-Empfangs-Weiche 24 der Empfangs- und Auswerteschaltung 28 zugeführt. In der Empfangs- und Auswerteschaltung 28 werden die von der Antenne 22 empfangenen Mikrowellen ausgewertet, um die an der Füllgutoberfläche 16 reflektierten Echowellen zu ermitteln und deren Laufzeit zu messen. Aus der gemessenen Laufzeit zwischen dem Zeitpunkt der Aussendung eines Mikrowellenimpulses durch die Antenne 22 und dem Eintreffen des an der Füllgutoberfläche 16 reflektierten Echoimpulses an der Antenne 22 kann aufgrund der bekannten Ausbreitungsgeschwindigkeit der Mikrowellen die Distanz  $D$  zwischen der Antenne 22

Zur Auswertung der empfangenen Mikrowellen in der Empfangs und Auswerteschaltung 28 wird üblicherweise das Echoprofil aufgezeichnet, das die Amplitudenwerte der empfangenen Mikrowellen als Funktion der Laufzeit oder, was auf das gleiche hinausläuft, der von den Mikrowellen zurückgelegten Strecke darstellt. Bei einem Pulsradar ist das Echoprofil durch die Hüllkurve der empfangenen Mikrowellen gegeben. Fig. 2 zeigt als Beispiel das Diagramm der Hüllkurve  $H$  als Funktion der von den Mikrowellen doppelt (Hinweg und Rückweg) zurückgelegten Strecke  $x$ , wie sie im Normalfall bei der Messung des Füllstands in einem Behälter erhalten wird. Die Hüllkurve  $H$  hat fast in dem gesamten Bereich bis zu der maximalen Distanz  $D_L$ , die bei leerem Behälter gemessen wird und daher "Leerdistanz" genannt wird, einen verhältnismäßig niedrigen Pegel, der dem Rauschpegel sowie überlagerten Störungen entspricht; sie weist jedoch zwei wesentlich höhere Höcker  $R$  und  $E$  auf. Der Höcker  $R$  stammt von dem Sendeimpuls und entsteht dadurch, daß die Sende-Empfangs-Weiche 24 zwar den überwiegenden Teil jedes Sendeimpulses zur Antenne 22 überträgt, einen kleinen Anteil aber zur Empfangs- und Auswerteschaltung 28 durchläßt, wo er zusammen mit den von der Antenne 22 empfangenen Mikrowellen in das Echoprofil aufgenommen wird und als Referenzhöcker  $R$  verwendet werden kann. Der Höcker  $E$  stammt von den an der Füllgutoberfläche 16 reflektierten Echowellen und bildet den Echohöcker, der zur Ermittlung der Distanz  $D$  zwischen der Antenne 22 und der Füllgutoberfläche 16 ausgewertet wird. Der Rausch- und Störsignalanteil wird üblicherweise durch ein Schwellenprofil  $S$  unterdrückt, so daß nur die das Schwellenprofil  $S$  übersteigenden Amplitudenwerte der Hüllkurve der Auswertung unterworfen werden.

Die Ermittlung der Distanz  $D$  erfolgt im einfachsten Fall dadurch, daß ein Maximum der Hüllkurve  $H$  in dem sich an den Referenzimpuls  $R$  anschließenden Bereich gesucht wird. Dieses Maximum kann dem größten Amplitudenwert der Hüllkurve entsprechen. Nach einem anderen Verfahren wird zusätzlich zu dem Echo mit der größten Amplitude, also dem Maximum der Hüllkurve, auch das zeitlich zuerst eintreffende Echo bestimmt. Wenn die Amplitude dieses ersten Echos größer als die um einen einstellbaren Faktor verringerte maximale Amplitude ist, wird das erste Echo als Nutzecho ausgewählt. Die Bedingung kann beispielsweise lauten, daß die Amplitude des ersten Echos größer als die um 20 dB verringerte maximale Amplitude sein muß. In jedem Fall wird davon ausgegangen, daß das ermittelte Maximum dem Spitzenwert des Echohöckers

E entspricht, der von den an der Füllgutoberfläche reflektierten Mikrowellen stammt. Dann wird auf der x-Achse der Abstand dieses Maximums von einem Referenzpunkt 0 bestimmt, der beispielsweise dem Ort des Spitzenwerts des Referenzhöckers R entspricht. Dieser Abstand entspricht der Distanz D zwischen der Antenne 22 und der Füllgutoberfläche 16.

Dieses einfachste Verfahren zur Bestimmung der Distanz D weist den Nachteil auf, daß der genaue Ort des Spitzenwerts des Echohöckers E nur mit verhältnismäßig geringer Genauigkeit bestimmt werden kann, weil sich die Amplitude des Echohöckers im Bereich des Spitzenwerts nur langsam ändert. Anhand des Diagramms von Fig. 3 wird ein anderes Verfahren zur Bestimmung der Distanz D erläutert, das eine höhere Genauigkeit ergibt. Zur Verdeutlichung sind in dem Diagramm von Fig. 3 nur die den Referenzhöcker R und den Echohöcker E enthaltenden Abschnitte der Hüllkurve H in größerem Maßstab dargestellt.

Bei diesem Verfahren wird im Referenzhöcker R der Punkt A auf der ansteigenden Flanke gesucht, dessen Amplitude um einen vorbestimmten Betrag, im dargestellten Beispiel um 3 dB unter dem Spitzenwert liegt, und es wird der Distanzwert  $x_A$  dieses Punktes A auf der x-Achse ermittelt. Im Echohöcker E werden die Amplituden der zeitlich vor dem Spitzenwert liegenden Meßpunkte untersucht und der Distanzwert  $x_B$  des Meßpunktes B ermittelt, dessen Amplitude um den gleichen vorbestimmten Betrag, im dargestellten Beispiel also wieder um 3 dB unter dem Spitzenwert liegt. Der Meßpunkt, dessen Amplitude um 3 dB unter dem Spitzenwert liegt, läßt sich gerade deshalb mit großer Genauigkeit ermitteln, weil sich die Amplitude des Echohöckers im Bereich des Spitzenwerts nur wenig ändert und daher diese Amplitude sehr genau bestimmt werden kann; und der Distanzwert dieses Meßpunktes läßt sich mit großer Genauigkeit bestimmen, weil der Meßpunkt auf einem steilen Bereich der Flanke liegt.

Die gesuchte Distanz D ergibt sich dann unmittelbar aus dem Abstand der Distanzwerte  $x_A$  und  $x_B$ , denn dieser Abstand ist ebenso groß wie der Abstand zwischen den Spitzenwerten der beiden Höcker, aus den oben angegebenen Gründen aber mit größerer Genauigkeit bestimmt. Wenn dem Distanzwert  $x_A$  der Wert 0 zugeordnet wird, entspricht die gesuchte Distanz D dem Distanzwert  $x_B$ .

Das Diagramm von Fig. 2, in dem der Echohöcker E etwa in der Mitte zwischen dem Distanzwert 0 und der Leerdistanz  $D_L$  liegt, entspricht dem Fall, daß der Behälter 10 etwa zur Hälfte gefüllt ist. Die Bestimmung der Distanz D ist in diesem Fall mit einem der zuvor anhand von Fig. 2 und 3 erläuterten Verfahren problemlos möglich.

Dagegen entsteht ein Problem in dem in Fig. 1 dargestellten Fall, daß die Füllhöhe F im Behälter 10 sehr gering ist, und zwar insbesondere dann, wenn das Füllgut eine niedrige Dielektrizitätskonstante hat. In diesem Fall wird an der Füllgutoberfläche 16 nur ein verhältnis-

mäßig geringer Anteil der auftreffenden Mikrowellen als Echowelle  $E_1$  reflektiert, während der Rest der auftreffenden Mikrowellen durch das Füllgut 14 läuft und am Boden 12 des Behälters 10 als Echowelle  $E_2$  reflektiert wird. Infolge der kleinen Füllhöhe F und der niedrigen Dielektrizitätskonstante des Füllguts werden die durch das Füllgut 14 laufenden Mikrowellen nur schwach gedämpft. Es kann daher der Fall eintreten, daß die Amplitude der an der Füllgutoberfläche 16 reflektierten Echowelle  $E_1$  eine kleinere Amplitude hat als die am Behälterboden 12 reflektierte Echowelle  $E_2$ .

Die beiden Echowellen  $E_1$  und  $E_2$  treffen an der Antenne 22 ein, wobei die Echowelle  $E_2$  gegenüber der Echowelle  $E_1$  um eine Zeitspanne verzögert ist, die dem Abstand F zwischen der Füllgutoberfläche 16 und dem Behälterboden 12 entspricht. Wenn dieser Abstand F entsprechend gering ist, überlappen sich die von den Echowellen  $E_1$  und  $E_2$  stammenden Echohöcker in der Hüllkurve H, wie dies in den Diagrammen von Fig. 4 und Fig. 5 für den Fall dargestellt ist, daß die Echowelle  $E_2$  eine größere Amplitude als die Echowelle  $E_1$  hat. Die Amplituden der Echohöcker  $E_1$  und  $E_2$  addieren sich zu einem Doppelhöcker  $E_d$ . Das Diagramm von Fig. 5 entspricht einem etwas größeren Abstand F als das Diagramm von Fig. 4.

In diesem Fall kann ein Meßfehler auftreten, wenn die Signalauswertung nach einem der oben anhand von Fig. 2 und 3 beschriebenen Verfahren erfolgt, weil dann das Maximum der Hüllkurve H an der Stelle des Echohöckers  $E_2$  liegt, der von der am Behälterboden 12 reflektierten Echowelle stammt. Somit wird der wahre Füllstand, der durch den Spitzenwert des Echohöckers  $E_1$  gegeben ist, nicht erkannt und fälschlich angezeigt, daß der Behälter leer ist.

Dieser Fehler tritt übrigens nicht nur in dem Fall auf, daß die Füllgutoberfläche 16 in geringem Abstand über dem Behälterboden 12 liegt, sondern auch dann, wenn sich eine andere reflektierende Grenzfläche in geringem Abstand unter der Füllgutoberfläche befindet, vor allem wenn diese Grenzfläche zwei Stoffe mit sehr unterschiedlichen Dielektrizitätskonstanten voneinander trennt. Dies gilt beispielsweise für eine Ölschicht, die auf Wasser schwimmt.

Das nachfolgend beschriebene Verfahren zur Doppel-echo-Auswertung macht es möglich, im Falle eines Doppel-echos, das einen Doppelhöcker aus zwei sich überlappenden Echohöckern verursacht, die Position des Maximums des Echoprofils zu ermitteln, das der Reflexion der Mikrowellen an der Füllgutoberfläche 16 zuzuordnen ist, so daß der geschilderte Meßfehler vermieden wird. Dieses Verfahren wird anhand der Diagramme von Fig. 4 und 5 erläutert.

Ausgehend von dem zunächst ermittelten Maximum der Hüllkurve H, das dem Spitzenwert des Doppelhöckers  $E_d$  entspricht und bei dem Distanzwert  $x_d$  liegt, werden die Amplituden der zeitlich vor diesem Maximum liegenden Meßpunkte ausgewertet, um die Steigung m der Hüllkurve H an diesen Meßpunkten zu

bestimmen. Hieraus werden die folgenden drei Steigungen des Echoprofils und die zugehörigen Distanzwerte ermittelt:

- a) das dem Maximum des Echoprofils zunächst liegende erste Maximum  $m_1$  der Steigung des Echoprofils und der zugehörige Distanzwert  $x_1$ ;
- b) das dem ersten Maximum  $m_1$  zunächst liegende Minimum  $m_2$  der Steigung des Echoprofils und der zugehörige Distanzwert  $x_2$ ;
- c) das dem Minimum  $m_2$  zunächst liegende zweite Maximum  $m_3$  der Steigung des Echoprofils und der zugehörige Distanzwert  $x_3$ .

Im Diagramm von Fig. 4 liegt das Minimum  $m_2$  an der Stelle, an der der Doppelhöcker  $E_d$  in die Horizontale übergeht. Das Minimum  $m_2$  entspricht somit der Steigung 0. Für die Bestimmung des Minimums  $m_2$  ist jedoch zu beachten, daß darunter nicht der Absolutwert zu verstehen ist, sondern der algebraische Wert unter Berücksichtigung des Vorzeichens. Deshalb liegt im Diagramm von Fig. 5 das Minimum  $m_2$  nicht bei der Steigung 0, sondern bei der größten negativen Steigung.

Nach der Ermittlung dieser drei Steigungen und der zugehörigen Distanzwerte erfolgt vorzugsweise eine Plausibilitätsprüfung, um festzustellen, ob die Anwendung der Doppelecho-Auswertung sinnvoll ist. Zu diesem Zweck wird der Quotient

$$Q = m_2/m_1$$

aus dem Minimum  $m_2$  und dem ersten Maximum  $m_1$  der Steigung gebildet und mit einem Referenzwert verglichen. Der Referenzwert wird empirisch bestimmt; er kann beispielsweise in der Größenordnung von 0,8 liegen. Ist der Quotient kleiner als der Referenzwert, so wird ein Distanzwert  $x_M$  gemäß folgender Gleichung berechnet:

$$x_M = x_2 - 0,5 \cdot (x_2 - x_3).$$

Der Distanzwert  $x_M$  liegt also in der Mitte zwischen dem Distanzwert  $x_3$  des zweiten Steigungsmaximums  $m_3$  und dem Distanzwert  $x_2$  des Steigungsminimums  $m_2$ . Ferner wird die zu diesem Distanzwert  $x_M$  gehörige Amplitude  $A_M$  des Echoprofils ermittelt. Die Amplitude  $A_M$  wird als das für die Bestimmung der Distanz  $D$  der Füllgutoberfläche maßgebliche Maximum der Hüllkurve angesehen, das bei dem Distanzwert  $x_M$  liegt. Mit diesen Werten erfolgt dann die Bestimmung der Distanz  $D$  vorzugsweise nach dem Verfahren, das anhand von Fig. 3 erläutert worden ist. Der Distanzwert  $x_B$  ist in diesem Fall der Distanzwert des Meßpunktes, der auf der ansteigenden Flanke des Doppelhöckers um den vorbestimmten Betrag von beispielsweise 3 dB unter der

Amplitude  $A_M$  liegt, die nach dem Verfahren der Doppelecho-Auswertung ermittelt worden ist.

Wenn dagegen der Quotient  $Q$  größer als der Referenzwert ist, erfolgt die Bestimmung der Distanz  $D$  mit dem ursprünglich ermittelten Maximum der Hüllkurve. Wie im Falle des Steigungsminimums gilt auch hier die Regel, daß der algebraische Wert des Quotients  $Q$  zu verwenden ist; ein negativer Quotient  $Q$  ist also immer kleiner als der positive Referenzwert.

Desgleichen wird die Doppelecho-Auswertung abgebrochen, wenn der Doppelhöcker bei dem Distanzwert  $x_3$  des zweiten Steigungsmaximums  $m_3$  eine so geringe Amplitude hat, daß sie praktisch im Rauschen untergeht.

Die zuvor angegebenen Verfahrensschritte zur Doppelecho-Auswertung werden programmgesteuert durch eine in der Empfangs- und Auswerteschaltung 28 enthaltene Rechenschaltung durchgeführt. Vorzugsweise ist die Doppelecho-Auswertung abschaltbar, so daß der Anwender bestimmen kann, ob sie durchgeführt wird. Wenn sie eingeschaltet ist, wird sie bei jeder Bestimmung des Maximums der Echofunktion zumindest bis zur Plausibilitätsprüfung durchgeführt. Zur Vermeidung der hierfür benötigten Rechenzeit ist die Abschaltung zweckmäßig, wenn beispielsweise wegen der Bechaffenheit des Füllguts keine Doppelechos zu erwarten sind.

Bei dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel erfolgt die Füllstandsmessung nach dem Pulsradarprinzip. Die Erfindung ist jedoch nicht auf diesen Fall beschränkt, sondern für alle nach dem Radarprinzip arbeitenden Verfahren geeignet, bei denen ein Echoprofil erstellt werden kann. Dies gilt insbesondere auch für das FMCW-Radar (Frequenzmodulations-Dauerstrichradar). Bei dem FMCW-Verfahren wird eine kontinuierliche Mikrowelle ausgesendet, die periodisch linear frequenzmoduliert ist, beispielsweise nach einer Sägezahnfunktion. Die Frequenz jedes empfangenen Echosignals weist daher gegenüber der Augenblicksfrequenz, die das Sendesignal im Zeitpunkt des Empfangs hat, eine Frequenzdifferenz auf, die von der Laufzeit des Echosignals abhängt. Die Frequenzdifferenz zwischen Sendesignal und Empfangssignal, die durch Mischung beider Signale und Auswertung des Fourierpektrums des Mischsignals gewonnen werden kann, entspricht somit dem Abstand der reflektierenden Fläche von der Antenne, und die Höhe der Frequenzkennlinie entspricht der Größe der Echoamplitude. Dieses Fourierspektrum stellt daher in diesem Fall das Echoprofil dar, das in gleicher Weise wie das beim Pulsradar erhaltene Echoprofil ausgewertet werden kann.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Messung des Füllstands eines Füllguts in einem Behälter nach dem Radarprinzip, bei welchem mittels der oberhalb der höchsten vorkommenden Füllhöhe angeordneten Antenne eines

Entfernungsmeßgeräts Mikrowellen nach unten abgestrahlt und reflektierte Mikrowellen empfangen werden, das die Amplitudenwerte der empfangenen Mikrowellen als Funktion der Laufzeit bzw. der Laufzeit entsprechenden Distanz darstellende Echoprofil aufgezeichnet wird, zur Bestimmung des Echohöckers im Echoprofil, der von den an der Füllgutoberfläche reflektierten Echowellen stammt, ein Maximum des Echoprofils ermittelt wird und der Abstand der Füllgutoberfläche von der Antenne aus dem Spitzenwert dieses Echohöckers gewonnen wird, dadurch gekennzeichnet, daß beim Auftreten eines Doppelhöckers aus zwei sich überlappenden Echohöckern, von denen der erste Echohöcker von den an der Füllgutoberfläche reflektierten Mikrowellen stammt, während der zweite Echohöcker von den an einer in geringem Abstand unter der Füllgutoberfläche liegenden Grenzfläche reflektierten Mikrowellen stammt und einen größeren Spitzenwert als der erste Echohöcker hat, zur Bestimmung des Spitzenwerts des ersten Echohöckers die folgenden Verfahrensschritte angewendet werden:

A: ausgehend von dem ermittelten Maximum des Echoprofils, das dem Spitzenwert des Doppelhöckers entspricht, werden die in Richtung zu kleineren Distanzwerten liegenden Meßpunkte des Echoprofils ausgewertet, um

- a) das dem Maximum des Echoprofils zunächst liegende erste Maximum ( $m_1$ ) der Steigung des Echoprofils und den zugehörigen Distanzwert ( $x_1$ ) zu bestimmen;
- b) das dem ersten Maximum ( $m_1$ ) zunächst liegende Minimum ( $m_2$ ) der Steigung des Echoprofils und den zugehörigen Distanzwert ( $x_2$ ) zu bestimmen;
- c) das dem Minimum ( $m_2$ ) zunächst liegende zweite Maximum ( $m_3$ ) der Steigung des Echoprofils und den zugehörigen Distanzwert ( $x_3$ ) zu bestimmen;

B: der in der Mitte zwischen dem Distanzwert ( $x_3$ ) des zweiten Maximums ( $m_3$ ) und dem Distanzwert ( $x_2$ ) des Minimums ( $m_2$ ) der Steigung des Echoprofils liegende Distanzwert wird als Distanzwert ( $x_M$ ) des Spitzenwertes des ersten Echohöckers und der zugehörige Amplitudenwert ( $A_M$ ) wird als Spitzenwert des ersten Echohöckers zur Gewinnung des Abstands der Füllgutoberfläche von der Antenne verwendet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nach der Durchführung des Verfahrensschrittes A der Quotient ( $m_2/m_1$ ) aus dem

Minimum ( $m_2$ ) und dem erst n Maximum ( $m_1$ ) der Steigung des Echoprofils gebildet und mit einem vorgegebenen Referenzwert verglichen wird und daß der Verfahrensschritt B nur durchgeführt wird, wenn der Quotient ( $m_2/m_1$ ) unter dem Referenzwert liegt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand der Füllgutoberfläche von der Antenne aus der Distanz zwischen dem Distanzwert eines Punktes, der auf der ansteigenden Flanke eines Referenzhöckers um einen vorbestimmten Betrag unter dem Spitzenwert des Referenzhöckers liegt, und dem Distanzwert eines Punktes, der auf der ansteigenden Flanke des Doppelhöckers um den gleichen Betrag unter dem als Spitzenwert des ersten Echohöckers ermittelten Amplitudenwert liegt, gewonnen wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der vorbestimmte Betrag 3 dB ist.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Entfernungsmeßgerät nach dem Pulsradarprinzip arbeitet und daß der Referenzhöcker aus einem Anteil des der Antenne zugeführten Sendepulses gebildet wird.

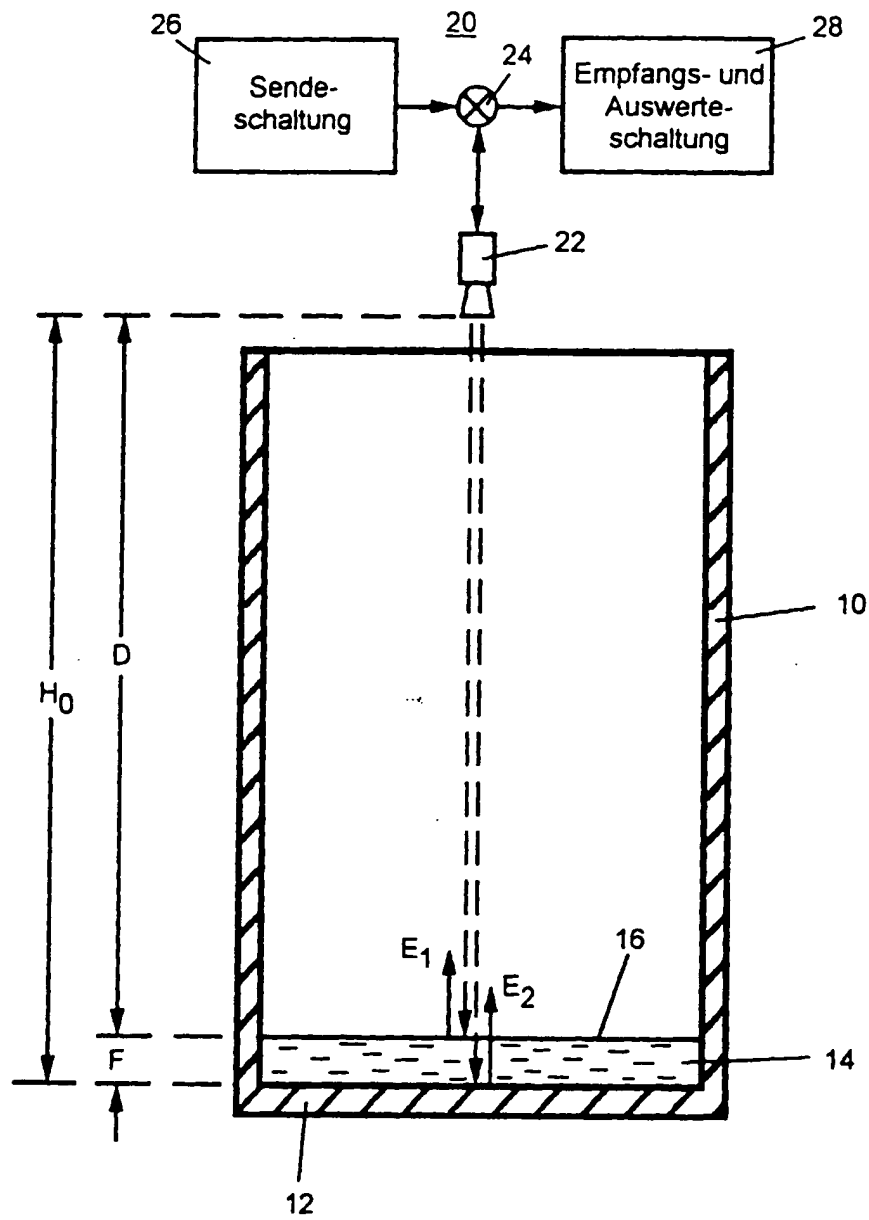


Fig. 1

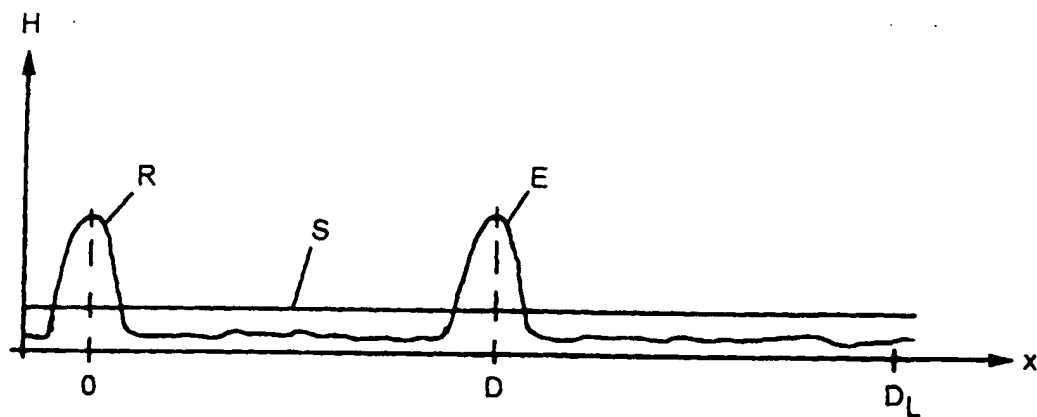


Fig. 2

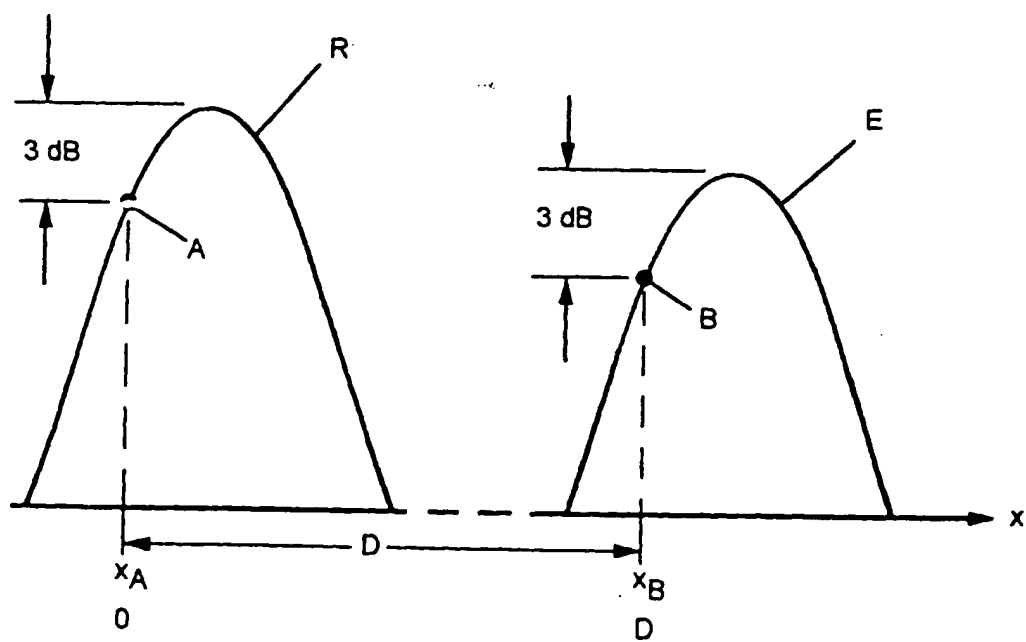


Fig. 3



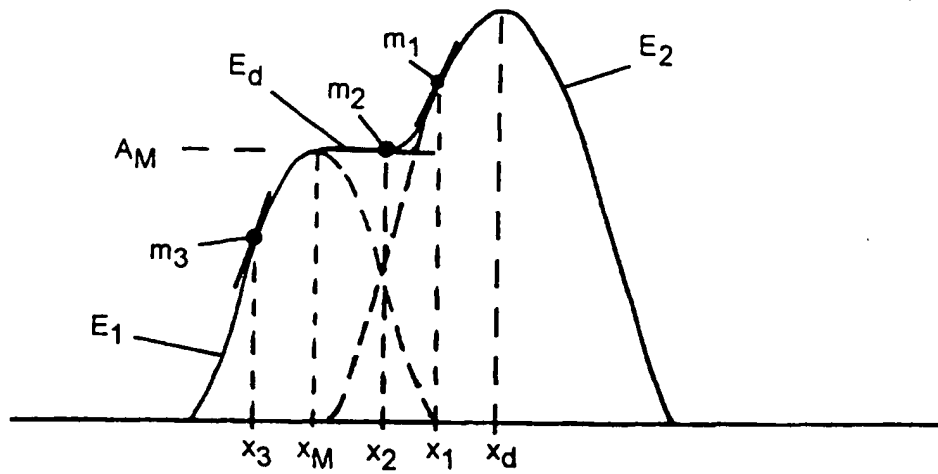


Fig. 4

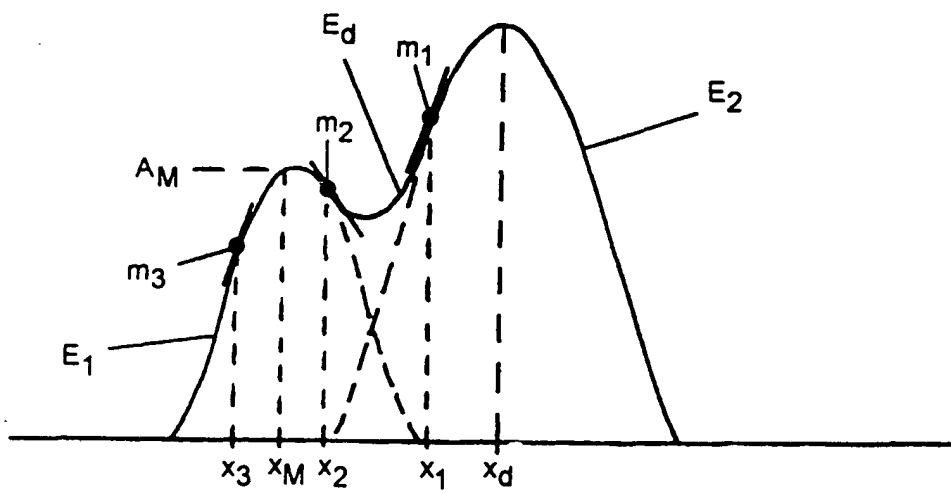


Fig. 5

European Patent No. 0,882,956 A2

---

Translated from German by the Ralph McElroy Co., Custom Division  
P.O. Box 4828, Austin, Texas 78765 USA

Code: 1454-67108

EUROPEAN PATENT OFFICE  
PATENT NO. 0,882,956 A2

Int. Cl.<sup>5</sup>: G 01 F 23/284  
Application No.: 98109741.3  
Application Date: May 28, 1998  
Publication Date: December 12, 1998; Patent  
Bulletin 1998/50  
Priority  
Date: June 6, 1997  
Country: Germany  
No.: 19723978

METHOD FOR THE MEASUREMENT OF THE LEVEL OF A FILLER IN A  
CONTAINER ACCORDING TO THE RADAR PRINCIPLE

Inventors: Stefan Burger, 79108  
Freiburg; Carsten Fitsch,  
79713 Bad Säckingen  
(Germany)  
Applicant: Endress + Hauser GmbH +  
Co., 79689 Maulburg  
(Germany)  
Agent: Karl-Heinz Schwepfinger,  
Prinz & Partner GbR,  
Manzingerweg 7, 81241  
Munich (Germany)

Designated Contracting States: Austria, Belgium,  
Switzerland, Cyprus,  
Germany, Denmark, Spain,  
Finland, France, United  
Kingdom, Greece, Ireland,  
Italy, Liechtenstein,  
Luxemburg, Monaco,  
Netherlands, Portugal,  
Sweden

Designated Extension States: Albania, Lithuania,  
Latvia, Macedonia,  
Romania, Slovenia

[Abstract]

In the measurement of the level of a filler in a container according to the radar principle, the echo profile of the received microwaves is recorded and a maximum of the echo profile is determined for the determination of the microwaves reflected from the filler surface. To avoid measurement errors in the case of a double echo, which causes a double hump consisting of two overlapping echo humps, in the echo profile, successive maxima and minima of the slope of the echo profile and their distance values are determined, proceeding from the determined maximum in the direction of smaller distances. The amplitude value of the echo profile, which is correlated with the distance value lying in the middle between the distance value of the first slope minimum and the distance value of the distance value of the next slope maximum, is used as the peak value of the first echo hump of the double hump, which is important for level measurement.

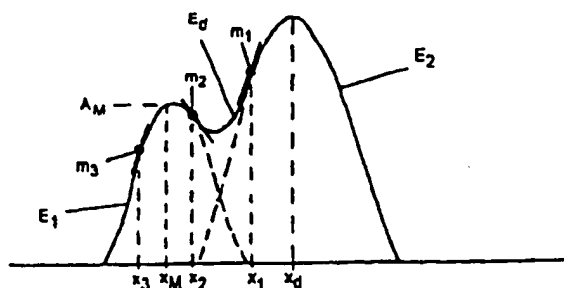


Fig. 5

The invention concerns a method for measuring the level of a filler in a container according to the radar principle, in which by means of the antenna of a distance measurement apparatus placed above the highest filling height that can occur, microwaves are radiated downwards and reflected microwaves are received; the echo profile representing the amplitude values of the received microwaves as a function of the travel time or of the distance corresponding to the travel time is recorded; for the determination of the echo hump in the echo profile, which originates in the echo waves reflected from the filler surface, a maximum of the echo profile is determined; and the distance between the filler surface and the antenna is obtained from the peak value of this echo hump.

In this method, one proceeds from the fact that the maximum of the echo profile corresponds to the peak value of the echo hump, which originates in the echo waves reflected from the filler surface, so that the distance between the filler surface and the antenna can be determined from the distance value

correlating with this peak value. However, this prerequisite may not be fulfilled if a double echo arrives at the antenna; this is caused by microwaves that are not reflected from the filler surface, but instead from a boundary surface lying a small distance below the filler surface. Such a boundary surface is formed, for example, by a container bottom with a very low level in the container. If the filler has a small dielectric constant, only a relatively small fraction of the striking waves are reflected from the filler surface, whereas the rest of the striking microwaves pass through the filler and are reflected from the bottom of the container. With a low level and a small dielectric constant, the microwaves running through the filler are dampened only weakly; therefore, the case may arise of an echo wave reflected from the filler surface having a smaller amplitude than the echo wave reflected from the bottom of the container. The two echo waves arrive at the antenna, wherein the echo wave reflected from the bottom of the container is delayed by a time period which corresponds to the distance between the filler surface and the bottom of the container, in comparison to the echo wave reflected from the filler surface. If this distance is correspondingly small, the echo humps in the echo profile that originate from the two echo waves overlap to form a double hump. The determination of the level on the basis of the maximum of the echo function can then lead to a measurement error, if the echo wave reflected from the bottom of the container has a greater amplitude than the echo wave reflected from the filler surface; this is because this maximum does not lie at the distance value of the peak value of the echo hump, which originates in the echo wave reflected from the filler surface.

The same phenomenon appears if the reflected boundary surface is not the bottom of the container, but rather a boundary surface between two substances with very different dielectric constants, which are located at a small distance below the filler surface. This is true, for example, for an oil layer which floats on water.

The goal of the invention is the creation of a method of the initially indicated type, which, in the case of a double echo that leads to the appearance of a double hump consisting of two overlapping echo humps in the echo profile, makes possible the determination of the distance value correlated with the filler surface.

According to the invention, this goal is attained in that when a double hump appears consisting of two overlapping echo humps the first echo hump originating in the microwaves reflected from the filler surface and the second echo hump originating in the microwaves reflected from a boundary surface that lies at a small distance below the filler surface and having a greater peak value than the first echo hump, the following method steps are used to determine the peak value of the first echo hump:

A: proceeding from the determined maximum of the echo profile, which corresponds to the peak value of the double hump, the measurement points of the echo profile lying in the direction of the smaller distance values are evaluated, so as to:

- a) determine the first maximum of the slope of the echo profile lying closest to the maximum of the echo profile and the corresponding distance value;
- b) determine the minimum of the slope of the echo profile lying closest to the first maximum and the corresponding distance value;

c) determine the second maximum of the slope of the echo profile lying closest to the minimum and the corresponding distance value;

B: the distance value lying in the middle between the distance value of the second maximum and the distance value of the minimum of the slope of the echo profile is used as the distance value of the peak value of the first echo hump and the corresponding amplitude value, as the peak value of the first echo hump to obtain the distance between the filler surface and the antenna.

Other features and values of the invention result from the following description of an exemplified embodiment, with the aid of figures. The figures show the following:

Figure 1 shows a pictorial schematic of an arrangement to measure the level of a filler in a container according to the radar principle, in which the method of the invention can be applied; and

Figures 2 to 5 are diagrams that explain the mode of functioning of the arrangement of Figure 1 upon applying the method of the invention.

Figure 1 shows a container 10 with a container bottom 12, which is filled up to a height F with a filler, so that the filler surface 16 is at a distance F above the bottom of the container 12. Either the filling height F or the volume of the filler 14 corresponding to the filling height F is designated as the level in the container 10. With a container which has a constant cross section over its entire height, the volume of the filler 14 is proportional to the filling height F; in containers in which this requirement is not fulfilled, the connection between the filling height F and the filler volume can be determined by computation or experimentally and represented by a



curve or table. In every case, the measurement of the filling height  $F$  is sufficient to determine the level in the container.

In the container 10 depicted in Figure 1, the measurement of the filling height  $F$  is carried out by a distance measuring apparatus 20 operating with microwaves according to the pulse radar principle. The distance measuring apparatus 20 contains a transmission-reception antenna 22, which is connected through a transmission-reception switch 24 to a transmission circuit 26 and a reception and evaluation circuit 28. At periodic time intervals, the transmission circuit 26 produces ultrahigh frequency pulses, which are conducted to the antenna 22 through the transmission-reception switch 24. The antenna 22 is placed above the highest filling height that can occur in the container 10 so that it transmits the ultrahigh frequency pulses coming from the transmission circuit 26 vertically downwards in the form of microwaves and receives microwaves coming from below. The microwaves received from the antenna 22, among which the echo waves reflected from the surface 16 of the filler 14 particularly belong, are conducted to the reception and evaluation circuit 28 via the transmission-reception switch 24. In the reception and evaluation circuit 28, the microwaves received by the antenna 22 are evaluated, in order to determine the echo waves reflected from the filler surface 16 and to measure their travel time. From the measured travel time between the timepoint of the transmission of a microwave pulse by the antenna 22 and the arrival of the echo impulse reflected from the filler surface 16 at the antenna 22, it is possible to calculate the distance  $D$  between the antenna 22 and the filler surface 16 on the basis of the known propagation rate of the microwaves. The filling height  $F$  is then obtained from the difference between the installation

height  $H_0$  of the antenna 22 above the bottom of the container 12 and the measured distance:

$$F = H_0 - D.$$

To evaluate the received microwaves in the reception and evaluation circuit 28, the echo profile which represents the amplitude values of the received microwaves as a function of the travel time, or similarly, the path traced by the microwaves, is recorded. With a pulse radar, the echo profile is given by the envelope curve of the received microwaves. Figure 2 shows, as an example, the diagram of the envelope curve  $H$  as a function of the path  $x$ , which is doubly (back and forth) traversed by the microwaves, as is obtained in the normal case with the measurement of the level in a container. The envelope curve  $H$  has a relatively low level, which corresponds to the noise level and superimposed disturbances, in the entire zone up to the maximum distance  $D_L$ , which is measured with the empty container and is therefore called the "empty distance"; however, it exhibits two substantially higher humps  $R$  and  $E$ . Hump  $R$  originates in the transmission pulse and arises in that the transmission-reception switch 24 transmits the predominant part of each transmission pulse to the antenna 22, but allows a small part through to the reception and evaluation circuit 28, where together with the microwaves received by the antenna 22, it is taken up in the echo profile and can be used as a reference hump  $R$ . Hump  $E$  originates in the echo waves reflected from the filler surface 16 and forms the echo hump which is evaluated for the determination of the distance  $D$  between the antenna 22 and the filler surface 16. The noise and disturbance signal fraction is usually suppressed by a threshold profile  $S$ , so that only the amplitude values of the

envelope curve exceeding the threshold profile S are subjected to the evaluation.

The determination of the distance D is carried out in the simplest case in that a maximum of the envelope curve H is sought in the area following the reference pulse R. This maximum can correspond to the greatest amplitude value of the envelope curve. According to another method, in addition to the echo with the greatest amplitude, that is, the maximum of the envelope curve, the echo which arrives first chronologically is also determined. If the amplitude of this first echo is greater than the maximum amplitude reduced by an adjustable factor, then the first echo is selected as the useful echo. The condition, for example, can be that the amplitude of the first echo must be greater than the maximum amplitude reduced by 20 dB. In each case, one proceeds from the fact that the determined maximum corresponds to the peak value of the echo hump E that originates from the microwaves reflected from the filler surface. Then, the distance of this maximum is determined on the x-axis by a reference point 0, which, for example, corresponds to the site of the peak value of the reference hump R. This distance corresponds to the distance D between the antenna 22 and the filler surface 16.

This simplest method for determining the distance D has the disadvantage that the exact site of the peak value of the echo hump E can be determined only with a relatively small degree of accuracy, because the amplitude of the echo hump changes only slowly in the zone of the peak value. With the aid of the diagram of Figure 3, another method for determining the distance D is explained that produces a greater degree of accuracy. For clarification, only the sections of the envelope curve H

containing the reference humps R and the echo humps E are shown on a large scale in the diagram of Figure 3.

With this method, the point A in the reference hump R is sought on the rising slope, whose amplitude lies below the peak value by a prespecified amount--in the depicted example, by 3 dB, and the distance  $x_A$  of this point A is determined on the x-axis. In the echo hump E, the amplitudes of the measurement points lying chronologically before the peak value are investigated, and the distance value  $x_B$  of the measurement point, whose amplitude lies below the peak value by the same prespecified amount--in the depicted example, therefore, again by 3 dB, is determined. The measurement point, whose amplitude lies 3 dB below the peak value can--for this very reason--be determined with a great degree of accuracy, because the amplitude of the echo hump changes very little in the area of the peak value and therefore this amplitude can be determined very accurately; and the distance value of this measurement point can be determined with a great degree of accuracy, because the measurement point lies on a steep area of the slope.

The distance sought D is then produced directly from the distance between the distance values  $x_A$  and  $x_B$ , since this distance is just as great as the distance between the peak values of the two humps, but because of the reasons indicated above is determined with a greater degree of accuracy. If the value 0 is correlated with the distance value  $x_A$ , the distance sought D corresponds to the distance value  $x_B$ .

The diagram of Figure 2, in which the echo hump E lies approximately in the middle between the distance value 0 and the empty distance  $D_L$ , corresponds to the container 10 being approximately half full. In this case, the determination of the

distance  $D$  is possible without any problems with a method explained previously with the aid of Figures 2 and 3.

On the other hand, a problem arises in the case depicted in Figure 1 where the filling height  $F$  in container 10 is very low--in particular if the filler has a low dielectric constant. In this case, only a relatively low fraction of the striking microwaves is reflected from the filler surface 16 as an echo wave  $E_1$ , whereas the remainder of the striking microwaves pass through the filler 14 and are reflected from the bottom 12 of the container 10 as an echo wave  $E_2$ . As a result of the low filling height  $F$  and the low dielectric constant of the filler, the microwaves passing through the filler are only weakly dampened. Therefore the case may arise in which the amplitude of the echo wave  $E_1$  reflected from the filler surface 16 has a smaller amplitude than the echo wave  $E_2$  reflected from the container bottom 12.

The two echo waves  $E_1$  and  $E_2$  strike the antenna 22, wherein the echo wave  $E_2$ , in comparison to the echo wave  $E_1$ , is delayed by a time period that corresponds to the distance  $F$  between the filler surface 16 and the container bottom 12. If this distance  $F$  is correspondingly small, the echo humps originating in echo waves  $E_1$  and  $E_2$  overlap in envelope curve  $H$ , as depicted in the diagrams of Figure 4 and Figure 5 for the case of the echo wave  $E_2$  having a greater amplitude than the echo wave  $E_1$ . The amplitudes of the echo humps  $E_1$  and  $E_2$  add to form a double hump  $E_d$ . The diagram of Figure 5 corresponds to a somewhat greater distance  $F$  than in the diagram of Figure 4.

In this case, a measurement error can appear if the signal evaluation is carried out according to one of the methods described above with the aid of Figures 2 and 3; this is because

the maximum of the envelope curve  $H$  lies at the site of the echo hump  $E_2$ , which originates in the echo wave reflected from the bottom of the container 12. Thus, the true level which is given by the peak value of the echo hump  $E_1$  is not recognized and erroneously indicates that the container is empty.

This error appears, moreover, not only in the case of the filler surface 16 lying at a small distance above the bottom of the container, but rather also if another reflecting boundary surface is at a small distance below the filler surface, above all, if this boundary surface separates two substances with very different dielectric constants from one another. This is true, for example, for an oil layer which floats on water.

The method for the double echo evaluation described below makes it possible, in the case of a double echo which causes a double hump consisting of two overlapping echo humps, to determine the position of the maximum of the echo profile, which is correlated with the reflection of the microwaves from the filler surface 16, so that the described measurement error is avoided. This method is explained with the aid of the diagrams of Figures 4 and 5.

Proceeding from the first determined maximum of the envelope curve  $H$  that corresponds to the peak value of the double hump  $E_d$  and lies at the distance value  $x_d$ , the amplitudes of the measurement points which lie chronologically before this maximum are evaluated, so as to determine the slope  $m$  of the envelope curve  $H$  at these measurement points. From this, the following three slopes of the echo profile and the corresponding distance values are determined:

a) the first maximum  $m_1$  of the slope of the echo profile and the corresponding distance value  $x_1$  lying closest to the maximum of the echo profile;

b) the maximum  $m_2$  of the slope of the echo profile and the corresponding distance value  $x_2$  lying closest to the first maximum  $m_1$ ;

c) the second maximum  $m_3$  of the slope of the echo profile and the corresponding distance value  $x_3$  lying closest to the minimum  $m_2$ .

In the diagram of Figure 4, the minimum  $m_2$  lies at the point at which the double hump  $E_d$  becomes horizontal. The minimum  $m_2$  thus corresponds to a slope of 0. For the determination of the minimum  $m_2$ , one should note, however, that this does not mean the absolute value, but rather the algebraic value, taking the sign into consideration. Therefore, in the diagram of Figure 5, the minimum  $m_2$  does not lie at a slope of 0, but rather at the largest negative slope.

After the determination of these three slopes and the corresponding distance values, preferably a plausibility test is carried out, so as to determine whether the application of the double echo evaluation is logical. For this purpose, the quotient:

$$Q = m_2/m_1$$

is formed from the minimum  $m_2$  and the first maximum  $m_1$  of the slope and compared with a reference value. The reference value is empirically determined; it can lie, for example, in the order of a magnitude of 0.8. If the quotient is smaller than the reference value, then a distance value  $x_M$  is calculated according to the following equation:

$$x_M = x_2 - 0.5 - (x_2 - x_3).$$

The distance value  $x_m$  therefore lies in the middle between the distance value  $x_3$  of the second slope maximum  $m_3$  and the distance value  $x_2$  of the slope minimum  $m_2$ . Furthermore, the amplitude  $A_m$  of the echo profile, belonging to this distance value  $x_m$ , is determined. The amplitude  $A_m$  is regarded as the maximum of the envelope curve decisive for the determination of the distance  $D$  of the filler surface, which lies at the distance value  $x_m$ . With these values, the determination of the distance  $D$  is preferably carried out according to the method which was explained with the aid of Figure 3. In this case, the distance value  $x_b$  is the distance value of the measurement point which lies on the rising slope of the double hump by the prespecified amount of, for example, 3 dB below the amplitude  $A_m$ , which was determined according to the method of the double echo evaluation.

If, on the other hand, the quotient  $Q$  is greater than the reference value, then the determination of the distance  $D$  is carried out with the originally determined maximum of the envelope curve. As in the case of the slope minimum, the rule that the algebraic value of the quotient  $Q$  is to be used is also valid here; a negative quotient  $Q$  is therefore always smaller than the positive reference value.

Likewise, the double echo evaluation is interrupted if the double hump at the distance value  $x_3$  of the second slope maximum  $m_3$  has such a low amplitude that it is practically submerged in the noise.

The previously indicated method steps for the double echo evaluation are carried out, with program control, by a calculation circuit contained in the reception and evaluation circuit 28. Preferably, the double echo evaluation can be turned off, so that the applicant can determine whether it will be



carried out. If it is turned on, it is carried out at least up to the plausibility test with each determination of the maximum of the echo function. To avoid the calculation time needed for this, turning it off is appropriate if, for example, no double echos are expected because of the characteristics of the filler.

With the exemplified embodiment previously described, level measurement takes place according to the pulse radar principle. The invention, however, is not limited to this case, but rather is suitable for all methods working according to the radar principle, that is, in which an echo profile can be defined. This is true, in particular, for the FMCW radar also (frequency modulation-continuous wave radar). With the FMCW method, a continuous microwave is emitted, which is periodically linearly frequency-modulated, for example, according to a saw-tooth function. The frequency of each received echo signal therefore exhibits a frequency difference which depends on the travel time of the echo signal, in contrast to the instantaneous frequency of the transmission signal at the time of reception. The frequency difference between the transmission signal and reception signal, which can be obtained by mixing the two signals and evaluation of the Fourier spectrum of the mixed signal, thus corresponds to the distance between the reflecting surface and the antenna, and the height of the frequency characteristic corresponds to the magnitude of the echo amplitude. In this case, this Fourier spectrum therefore represents the echo profile, which can be evaluated in the same way as the echo profile obtained with the pulse radar.

## Claims

1. Method for measuring of the level of a filler in a container according to the radar principle, in which by means of the antenna of a distance measuring apparatus placed above the highest filling height that can occur, microwaves are radiated downwards and reflected microwaves are received; the echo profile representing the amplitude values of the received microwaves as a function of the travel time or the distance corresponding to the travel time is recorded; a maximum of the echo profile is determined for the determination of the echo hump in the echo profile, which originates in the echo waves reflected from the filler surface; and the distance between the filler surface and the antenna is obtained from the peak value of this echo hump, characterized in that upon the appearance of a double hump consisting of two overlapping echo humps, the first echo hump originates in the microwaves reflected from the filler surface and the second echo hump originating in the microwaves reflected from a boundary surface lying at a small distance below the filler surface, and has a greater peak value than the first echo hump, the following method steps are used in order to determine the peak value of the first echo hump:

A: proceeding from the determined maximum of the echo profile that corresponds to the peak value of the double hump, the measurement points lying in the direction of smaller distance values are evaluated, so to determine:

a) the first maximum ( $m_1$ ) of the slope of the echo profile lying closest to the maximum of the echo profile and the corresponding distance value ( $x_1$ );

b) the minimum ( $m_2$ ) of the slope of the echo profile lying closest to the first maximum ( $m_1$ ) and the corresponding distance value ( $x_2$ );

c) the second maximum ( $m_3$ ) of the slope of the echo profile lying closest to the minimum ( $m_2$ ) and the corresponding distance value ( $x_3$ );

B: the distance value lying in the middle between the distance value ( $x_3$ ) of the second maximum ( $m_3$ ) and the distance value ( $x_2$ ) of the minimum ( $m_2$ ) of the slope of the echo profile is used as the distance value ( $x_m$ ) of the peak value of the first echo hump, and the corresponding amplitude value ( $A_m$ ) is used as the peak value of the first echo hump to obtain the distance between the filler surface and the antenna.

2. Method according to Claim 1, characterized in that after carrying out method step A, the quotient ( $m_2/m_1$ ) is formed from the minimum ( $m_2$ ) and the first maximum ( $m_1$ ) of the slope of the echo profile and is compared with a prespecified reference value and that the method step B is carried out only if the quotient ( $m_2/m_1$ ) lies below the reference value.

3. Method according to Claim 1 or 2, characterized in that the distance between the filler surface and the antenna is obtained from the distance between the distance value of a point which lies on the rising slope of a reference hump below the peak value of the reference hump, by a prespecified amount, and the distance value of a point which lies on the rising slope of the double hump below the amplitude value determined as the peak value of the first echo hump, by the same amount.

4. Method according to Claim 3, characterized in that the prespecified amount is 3 dB.

5. Method according to Claim 3 or 4, characterized in that the distance measuring apparatus operates according to the pulse radar principle and that the reference hump is formed from a fraction of the transmission pulse conducted to the antenna.

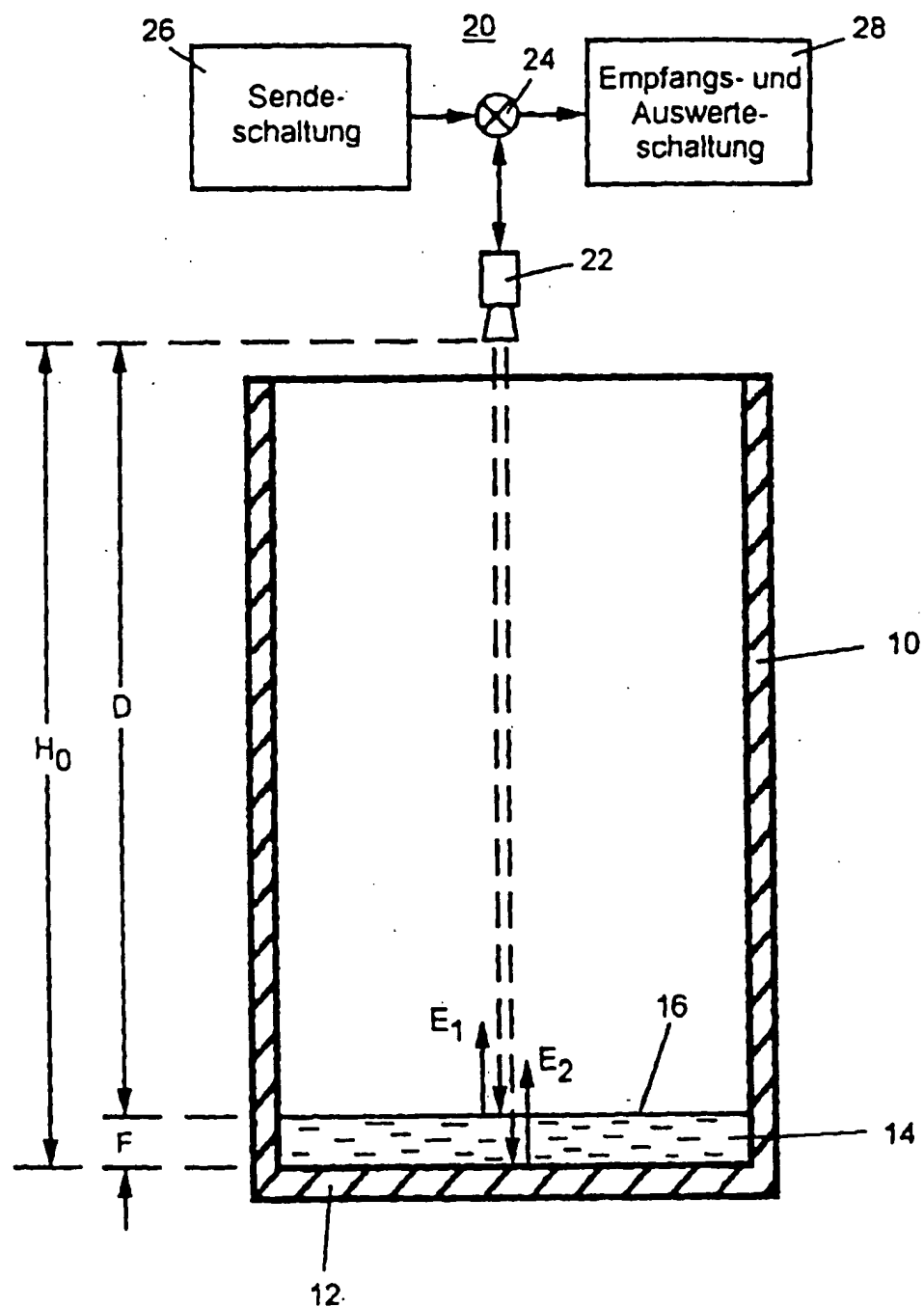


Figure 1

Key: 26    Transmission circuit  
 27    Reception and evaluation circuit

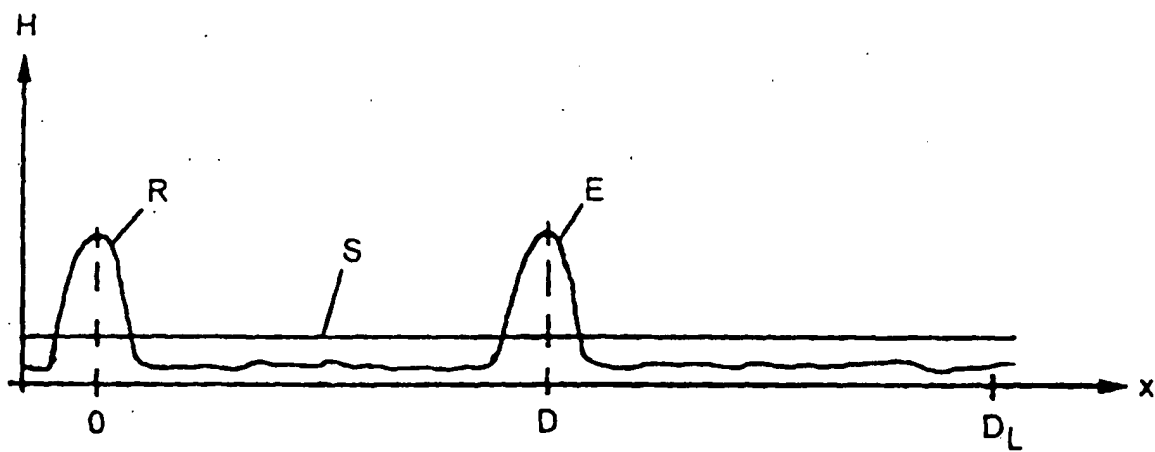


Figure 2

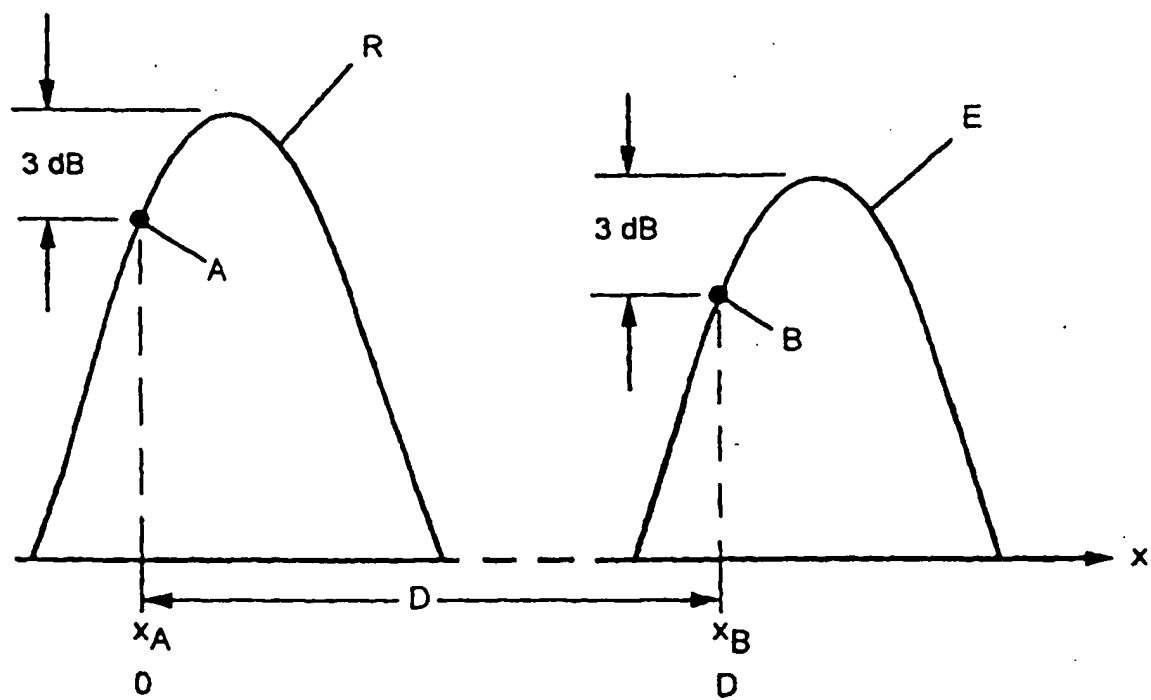


Figure 3

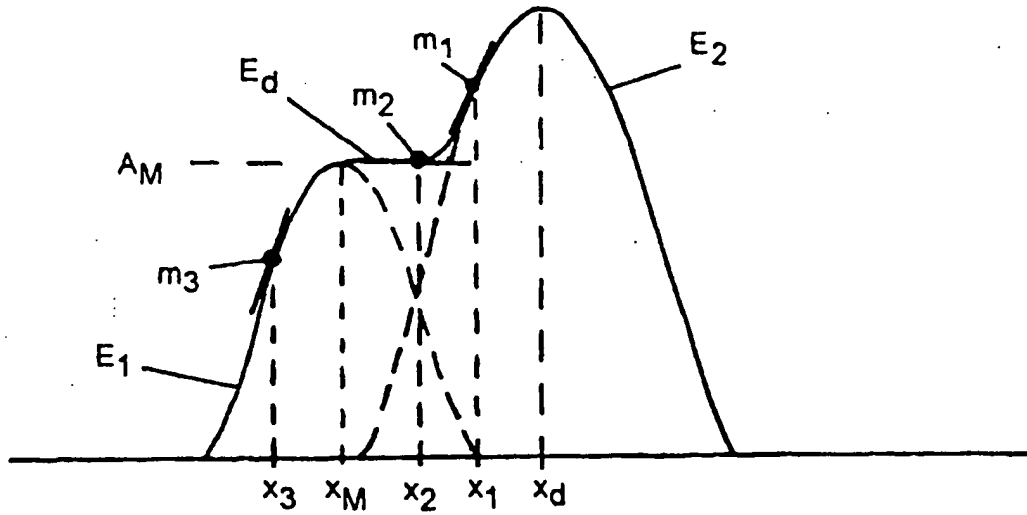


Figure 4



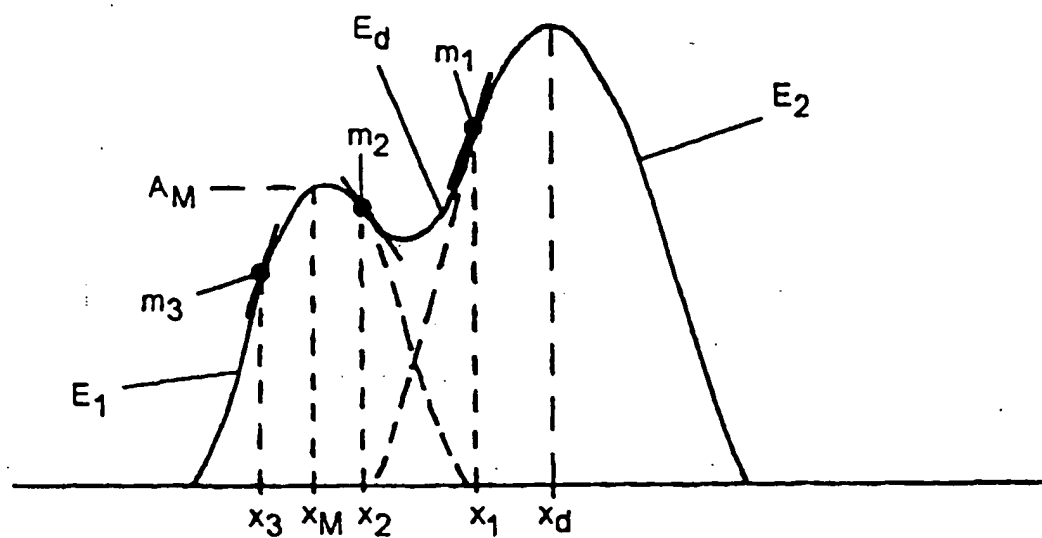


Figure 5